

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

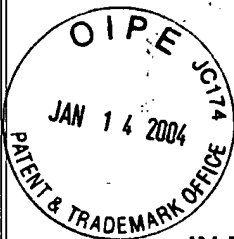
Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**



Attorney Docket No. 05823.0249  
Customer Number 22,852

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

In re Application of: )  
)  
Jae-Hwan PARK et al. ) Group Art Unit: 1714  
)  
Application No.: 10/629,796 ) Examiner:  
)  
Filed: July 30, 2003 )  
)  
For: SYNTHESIS OF ZnO NANO- )  
STRUCTURED MATERIALS AND )  
ITS APPARATUS )

**Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450**

Sir:

**CLAIM FOR PRIORITY**


Under the provisions of 35 U.S.C. § 119, Applicants hereby claim the benefit of the filing date of Korean Patent Application No. 2003-0049836, filed July 21, 2003, for the above-identified U.S. patent application.

In support of this claim for priority, enclosed is one certified copy of the priority application.

Respectfully submitted,

FINNEGAN, HENDERSON, FARABOW,  
GARRETT & DUNNER, L.L.P.

Dated: January 14, 2004

By:   
Ernest F. Chapman  
Reg. No. 25,961

EFC/FPD/gah  
Enclosures

FINNEGAN  
HENDERSON  
FARABOW  
GARRETT &  
DUNNER LLP

1300 I Street, NW  
Washington, DC 20005  
202.408.4000  
Fax 202.408.4400  
www.finnegan.com



별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto  
is a true copy from the records of the Korean Intellectual  
Property Office.

출원 번호 : 10-2003-0049836  
Application Number

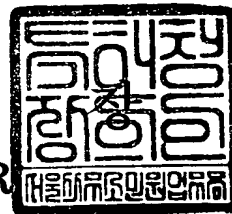
출원 년 월 일 : 2003년 07월 21일  
Date of Application JUL 21, 2003

출원인 : 한국과학기술연구원  
Applicant(s) KOREA INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY



2003      년      08      월      26      일

특      허      청  
COMMISSIONER



## 【서지사항】

【서류명】	명세서 등 보정서
【수신처】	특허청장
【제출일자】	2003.07.24
【출원인】	
【명칭】	한국과학기술연구원
【출원인코드】	3-1998-007751-8
【사건과의 관계】	출원인
【대리인】	
【성명】	허상훈
【대리인코드】	9-1998-000602-6
【포괄위임등록번호】	2000-040076-2
【사건의 표시】	
【출원번호】	10-2003-0049836
【출원일자】	2003.07.21
【심사청구일자】	2003.07.21
【발명의 명칭】	산화아연 (ZnO) 나노구조체의 제조방법 및 제조장치
【제출원인】	
【접수번호】	1-1-2003-0265231-28
【접수일자】	2003.07.21
【보정할 서류】	명세서등
【보정할 사항】	
【보정대상 항목】	별지와 같음
【보정방법】	별지와 같음
【보정내용】	별지와 같음
【취지】	특허법시행규칙 제13조·실용신안법시행규칙 제8조의 규정에의하여 위와 같 이 제출합니다. 대리인 허상훈 (인)
【수수료】	
【보정료】	0 원
【추가심사청구료】	0 원
【기타 수수료】	0 원
【합계】	0 원

1020030049836

출력 일자: 2003/8/29

**【첨부서류】**

1. 보정내용을 증명하는 서류\_1통

【보정대상항목】 청구항 15

【보정방법】 정정

【보정내용】

제 12 항 또는 제 14 항에 있어서, 상기 기판(33)은 실리콘 기판 위에 10~30Å 두께의 금을 증착한 기판인 것을 특징으로 하는 산화아연(ZnO) 나노구조체의 제조장치.

## 【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【제출일자】	2003.07.21
【발명의 명칭】	산화아연 (ZnO) 나노구조체의 제조방법 및 제조 장치
【발명의 영문명칭】	Synthesis of ZnO Nano-structured material, and its apparatus
【출원인】	
【명칭】	한국과학기술연구원
【출원인코드】	3-1998-007751-8
【대리인】	
【성명】	허상훈
【대리인코드】	9-1998-000602-6
【포괄위임등록번호】	2000-040076-2
【발명자】	
【성명의 국문표기】	박재환
【성명의 영문표기】	Park Jae-Hwan
【주민등록번호】	640903-1812334
【우편번호】	121-240
【주소】	서울특별시 마포구 연남동 246-15
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	최헌진
【성명의 영문표기】	Choi Heon-Jin
【주민등록번호】	640130-1337129
【우편번호】	136-750
【주소】	서울시 성북구 돈암동 609-1 한진아파트 204-1507
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	박재관
【성명의 영문표기】	Park Jae-Gwan
【주민등록번호】	580725-1566710

【우편번호】 139-734

【주소】 서울시 노원구 하계동 354 학여울청구아파트  
104-601

【국적】 KR

【심사청구】 청구

【취지】 특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조  
의 규정에 의한 출원심사 를 청구합니다. 대리인  
허상훈 (인)

【수수료】

【기본출원료】	19 면	29,000 원
【가산출원료】	0 면	0 원
【우선권주장료】	0 건	0 원
【심사청구료】	16 항	621,000 원
【합계】		650,000 원
【감면사유】		정부출연연구기관
【감면후 수수료】		325,000 원
【첨부서류】		1. 요약서·명세서(도면)_1통



**【요약서】****【요약】**

본 발명은 산화아연( $\text{ZnO}$ ) 나노구조체의 제조방법 및 제조장치에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 산화아연 분말과 그래파이트(graphite)의 환원반응에 의해 생성되는 아연가스를 실리콘 기판상에 증착시켜 나노구조체를 제조하되, 반응관 내부의 온도 조절 및 캐리어 가스로서 유입되는 아르곤( $\text{Ar}$ )과 산소( $\text{O}_2$ )의 배합비 조절에 의해 다양한 나노구조체를 재현성 있게 제조하는 방법과 이의 제조장치에 관한 것이다.

**【대표도】**

도 3

**【색인어】**

산화아연, 나노쉬트, 나노선 어레이, 산소, 촉매

## 【명세서】

## 【발명의 명칭】

산화아연( $ZnO$ ) 나노구조체의 제조방법 및 제조장치{Synthesis of  $ZnO$  Nano-structured material, and its apparatus}

## 【도면의 간단한 설명】

도 1은 나노구조체 제조장치에 대한 개략적인 단면도이다.

도 2는 원료 및 기판의 배치상태를 확대하여 나타낸 사시도이다.

도 3은 반응관 내부 온도 및 캐리어 가스 배합비가 조절된 영역에서 생성되어지는 각 나노구조체의 종류를 좌표로 나타낸 것이다.

도 4는 반응관 내부 온도 및 캐리어 가스 배합비가 조절된 영역에서 생성된 각 나노구조체에 대한 전자현미경 사진이다.

도 5는 캐리어 가스 배합비를 달리하여 생성되는 나노쉬트와 나노선 어레이에 대한 전자현미경 사진이다.

## 【도면의 주요부호에 대한 설명】

10: 발열체

20: 반응관

21: 캐리어 가스 유입구

22: 캐리어 가스 배출구

30: 반응체

31: 보트

32: 원료분말

33: 기판

**【발명의 상세한 설명】****【발명의 목적】****【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】**

<12> 본 발명은 산화아연( $\text{ZnO}$ ) 나노구조체의 제조방법 및 제조장치에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 산화아연 분말과 그래파이트(graphite)의 환원반응에 의해 생성되는 아연가스를 실리콘 기판상에 증착시켜 나노구조체를 제조하되, 반응관 내부의 온도 조절 및 캐리어 가스로서 유입되는 아르곤( $\text{Ar}$ )과 산소( $\text{O}_2$ )의 배합비 조절에 의해 다양한 나노구조체를 재현성 있게 제조하는 방법과 이의 제조장치에 관한 것이다.

<13> 일반적으로 나노구조체들은 수 나노미터(nm)에서 수 백 나노미터(nm) 크기를 가지며 기존의 벌크 타입의 재료에서 볼 수 없었던 다양한 물리적 화학적 특징들을 나타낸다. 따라서 이러한 나노재료 및 나노구조체들을 이용함으로써 더욱 고도화되고 소형화된 전자적, 전기화학적, 광학적 소자들을 구현할 수 있으며 이전에 불가능했던 새로운 특성과 구조의 구현도 가능하다[Y. Xia et al, *Advanced Materials*, Vol. 15, p.353 (2003); G. Tseng, *Science*, Vol. 294, p.1293 (2001)]. 현재까지 알려진 나노구조체의 예로서는 양자점(quantum dot), 나노분말(nano powder), 나노선(nanowire), 나노튜브(nanotube), 양자우물(quantum well), 나노박막, 나노복합체(nano composite) 등 매우 다양하다.

<14> 한편, 산화아연은 광대역 반도체 재료로서 고온·고전압 전기전자소자, 표면탄성파(Surface Acoustic Wave)소자, 압전소자, 가스센서, 투명 전도막 등 다양한 분야에서 널리 사용되어 왔다. 종래에는 주로 다결정 세라믹 형태로 활용이 되어 왔으나, 최근에는 에피 성장(epitaxial growth) 기술이 발전하면서 새로운 응용분야들이 개척되고 있다. 특히 녹색, 청색 발광다이오드 등과 같은 광전자소자(optoelectronic device)로 응용하기 위한 연구들이 활발히 진행되고 있다.

<15> ZnO 조성을 나노구조로 구현한 사례로서 나노선(nanowire) 합성이 있다[Y. Xia et al., *Advanced Materials*, Vol. 15, p.353 (2003); M. H. Huang et al., *Advanced Materials*, Vol. 13, p.113 (2001)]. 탄소열환원법(carbothermal reduction) 또는 화학기상증착법(Chemical Vapor Deposition) 등의 공정방법을 이용하여 다양한 형태의 1차원 나노구조(나노선, 나노튜브 등)들이 합성된 바 있고, 광전자소자, 레이저, 화학센서 등으로 응용가능성이 확인된 바 있다. 그러나 이러한 나노선(nanowire) 형태는 매우 미세하여 소자로 구현하기 위해서는 전자빔 리소그래피(e-beam lithography) 등의 기법이 동원되어야 하므로 정렬(alignment) 및 조립(assembly)이 쉽지 않는 문제점을 갖고 있어 현재 나노선을 이용한 소자 및 제품들은 거의 개발되지 못하고 있는 상황이다. 그러므로 정렬 및 조립이 용이한 나노구조체가 있다면 나노소자 개발에 매우 유리할 것이다.

**【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】**

<16>      본 발명은 상기한 종래의 문제점 및 필요성에 의거하여, 정렬과 조립이 용이한 다양한 구조의 나노구조체를 간단한 제조방법과 저렴한 비용으로 재현성 있게 합성하는 방법과 이의 제조장치를 제공하는데 그 목적이 있다.

**【발명의 구성 및 작용】**

<17>      본 발명은 알곤(Ar)에 대하여 산소( $O_2$ )가 1 ~ 20 부피% 범위로 포함된 혼합기체가 존재하고 반응온도가 800 ~ 950 °C 범위내로 조절된 조건하에서, 산화아연 분말과 그라파이트를 환원반응하여 아연가스를 생성시키고, 생성된 아연가스를 실리콘 기판상에 증착 및 성장시켜 다양한 구조의 산화아연(ZnO) 나노구조체를 재현성 있게 제조하는 방법을 그 특징으로 한다.

<18>      또한, 본 발명은 기판 및 원료분말의 가열을 위하여 반응관의 내부 온도를 800 ~ 950 °C로 유지하도록 하는 발열체(10)와, 캐리어 가스의 주입 및 배출을 위한 가스 주입구(21) 및 가스 배출구(22)가 양단에 있고 상기 발열체(10)의 내부를 수평으로 관통하면서 그 내측에 위치되며 원료분말과 기판의 배치를 위한 반응관(20)과, 상기 반응관(20)의 내측에 위치되며 원료분말과 기판을 수용하는 반응체(30)를 포함하여 구성되는 산화아연(ZnO) 나노구조체의 제조장치를 또 다른 특징으로 한다.

<19>      이와 같은 본 발명을 더욱 상세히 설명하면 다음과 같다.

<20> 본 발명에 따른 산화아연(ZnO) 나노구조체를 제조함에 있어 원료 분말, 캐리어 가스 및 기판의 준비과정은 다음과 같다. 원료 분말로서는 산화아연 분말과 그래파이트(graphite)를 1:1 무게비로 혼합하여 1 ~ 3시간동안 건식 혼합하여 준비한다. 산화아연 분말은 순도가 99% 이상이고, 입도가 100 메쉬 이상, 바람직하기로는 100 ~ 325 메쉬인 분말을 사용하도록 한다. 이러한 두 가지 원료들은 저렴한 가격으로 용이하게 조달이 가능한 원료들이다. 특히, 본 발명에서는 원료 분말로서 산화아연 분말과 함께 그래파이트를 혼합 사용하고 있는데, 이는 1000 °C 미만의 저온에서 산화아연 나노구조체를 합성하기 위한 것으로서, 혼합된 그래파이트가 원료분말인 산화아연과 저온(800 ~ 950 °C)에서 반응하여 나노구조체 합성의 전단계에 필요한 아연(Zn) 가스를 용이하게 발생시킬 수 있기 때문이다. 나노구조체가 합성되는 기판은 실리콘 기판을 사용하였으며, 금(Au)을 10 ~ 30 Å 두께로 증착하여 사용하였다. 또한, 본 발명에서는 캐리어 가스로서 알곤과 산소의 혼합기체를 사용하고, 산소는 알곤에 대하여 1 ~ 20 부피% 범위로 혼합 사용하는 것을 특징으로 한다.

<21> 상기한 원료 준비과정은 본 발명이 선행기술로서 언급한 바 있는 M. H. Huang et al., *Advanced Materials*, Vol. 13, p.113 (2001)에 기재된 사항과 유사해 보일 수 있으나, 선행기술에서는 캐리어 가스로서 알곤(Ar) 만을 단독 사용함으로써 오로지 산화아연의 나노선(Nanowire)만을 합성할 수 있고 기타 다른 형태의 나노구조체들은 일체 얻을 수 없다는 점에서 본 발명과의 기술구성상의 차별성이 있다.

- <22> 본 발명에 따른 산화아연( $\text{ZnO}$ ) 나노구조체 제조장치에 대한 개략도를 도 1에 첨부하여 나타내었다. 본 발명의 제조장치는 반응관의 내부 온도를 제어하는 발열체(10), 캐리어 가스가 유입 배출되도록 설계된 반응관(20) 및 원료분말과 기판을 수용하는 반응체(30)로 크게 나뉘어질 수 있다.
- <23> 발열체(10)는 반응관의 내부 온도를  $800 \sim 950 \text{ }^{\circ}\text{C}$  사이로 제어하는 역할을 한다.
- <24> 반응관(20)은 상기 발열체(10)의 내부를 수평으로 관통하면서 그 내측에 위치되어 있으며, 그 양단에는 캐리어 가스의 유입구(21) 및 배출구(22)를 가지고 있고, 그 내부에는 원료분말과 기판을 수용하고 있는 반응체(30)가 위치한다. 반응관(20)은 투명한 석영관 재질로 된 것을 사용하도록 한다.
- <25> 그리고, 반응체(30)는 원료분말과 기판이 배치되어 있다. 도 2의 확대된 사시도에 의하면, 반응체(30)는 상부가 개방되어 있으며 일정한 양의 원료분말을 채울 수 있는 길다란 사각케이스 형태의 보트(31)와, 상기 보트(31) 내에 채워지는 원료분말(32)과, 상기 보트(31)의 상부에서 폭 방향으로 걸쳐지면서 길이방향으로 일정간격을 유지하며 배치되는 다수의 기판(33)을 포함한다. 보트(31)는 알루미나( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) 재질이며  $13 \text{ mm} \times 13 \text{ mm} \times 60 \text{ mm}$ 의 크기를 갖는다. 원료분말(32)은 산화아연 분말과 그래파이트가 무게비로 1:1 혼합된 조성물이며, 보트 전체 용량의 30 ~ 70% 정도를 채워 넣는다. 기판(33)은 금을 증착한 실리콘 기판으로서  $8 \text{ mm} \times 2 \text{ mm}$ 로 절단하여 보트 위에 배치하였다. 이상과 같은 배치 상태에서, 적절한 아연의 증기압을 유지함으로써 공급된 산소와 함께 나노구조체를 얻기 위해서는 기판의 위치가 원료분말로부터 3 ~ 10 mm 정도로 수

직방향으로 이격되는 것이 중요하다. 기판의 온도는 원료분말과 같게 하는 것이 가장 적합하였으므로 동일 위치에 배치하였고, 기판과 원료분말의 위치는 반응관의 중앙에서 캐리어 가스 배출구(22) 방향으로 0 ~ 50 mm 정도 사이에 위치하는 것이 가장 적합하였다.

<26> 이상에서 설명한 나노구조체의 제조장치를 이용한 나노구조체의 제조방법을 상세히 설명하면 다음과 같다.

<27> 먼저, 반응관(20) 내부에 도 2와 같이 구성된 기판 및 원료를 장착하고 알곤 및 산소의 혼합기체를 흘리면서 한 시간 이상 유지하였다. 이렇게 함으로써 반응관(20) 내부에 잔존하는 공기를 최대한 제거하였다. 알곤의 유량은 20 ~ 50 cc/min로 하였고, 산소의 유량은 알곤에 대해 1 ~ 20 부피%로 배합하였다. 알곤의 유량의 경우 20 ~ 50 cc/min의 범위가 나노구조체의 합성에 가장 적합하였으며, 이러한 범위 안에서 그 양이 변화되어도 나노구조체의 합성 결과에는 별다른 영향이 없었다.

<28> 본 발명에 다른 나노구조체의 제조방법에 대한 일 구현예로서, 알곤(Ar)의 유량을 30 cc/min로 고정시키고 다만 반응온도 및 산소기체의 혼합비를 변화시키면서 나노구조체를 제조하였다. 그 결과, 기존에 알려진 바와 같은 산화아연 나노선이 잘 합성될 뿐만 아니라, 반응온도 및 산소기체의 혼합비 제어에 의해 산화아연의 나노선 어레이(nanowire array), 나노시트(nanosheet), 나노로드(nanorod), 나노플레이트(nanoplate) 등의 다양한 구조가 합성됨을 확인할 수 있었다. 도 3에는 반응온도 및 산소의 혼합비 영역에 따라 대표적으로 생성되는 나노구조체를 좌표로 표시하여 나타내었으며, 각 생성된 나노구조체 형상에



대한 전자현미경 사진은 도 4에 나타내었다. 도 3에서는 가장 현저하게 나타나는 구조들을 대표적으로 나타낸 것이며, 합성온도 및 산소배합비가 다소 달라지는 인접 영역에서도 대표적으로 나타낸 구조들은 계속 나타나게 된다. 즉 경계가 되는 합성조건에서는 인접한 곳에 나타낸 구조들이 혼합되어 나타난다.

<29> 알곤(Ar)의 유량 30 cc/min, 반응온도 800 ~ 850 °C 범위, 알곤(Ar)에 대한 산소(O<sub>2</sub>) 배합비 1 ~ 20 부피% 범위로 유입하는 조건에서는 나노선(nanowire) 구조가 합성되었으며, 합성된 나노선에 대한 전자현미경 사진은 도 4의 (1)에 나타내었다. 나노선의 직경은 50 ~ 200 nm 정도이며 길이는 5 ~ 100 μm 정도이다.

<30> 알곤(Ar)의 유량 30 cc/min, 반응온도 850 ~ 900 °C, 알곤(Ar)에 대한 산소(O<sub>2</sub>) 배합비 1 ~ 2 부피%의 범위로 유입하는 조건에서는 나노선 어레이(nanowire array) 구조가 합성되었으며, 합성된 나노선 어레이에 대한 전자현미경 사진은 도 4의 (2)에 나타내었다. 마치 머리 빗는 빗(Comb)과 같은 구조를 하고 있으며, 그 넓이는 10 ~ 50 μm, 길이는 50 ~ 1000 μm 정도이고, 두께 즉, 나노선 어레이(빗살)의 직경은 50 ~ 300 nm 정도로 나타났다. 이와 같은 구조는 상기 실험조건에서 재현성 있게 합성되었다. 이와 같은 구조체들은 배열된 나노레이저 등에 적용이 가능하며, 또한 화학적 물리적 센서 어레이로 사용이 가능한 구조체이다.

<31> 알곤(Ar)의 유량 30 cc/min, 반응온도 850 ~ 900 °C 범위, 알곤(Ar)에 대한 산소(O<sub>2</sub>) 배합비 2 ~ 20 부피%의 범위로 유입하는 조건에서는 나노쉬트

(nanosheet) 구조가 합성되었으며, 합성된 나노시트에 대한 전자현미경 사진은 도 4의 (3)에 나타내었다. 합성된 나노시트는 폭이 10 ~ 100  $\mu\text{m}$ , 길이는 500 ~ 2000  $\mu\text{m}$  정도, 두께는 50 ~ 150 nm 정도이다. 이와 같은 구조체는 상기 실험조건에서 재현성 있게 합성되었다. 이와 같은 구조체들은 고성능 및 고밀도의 화학센서, 전극재료, 촉매재료 등으로 활용이 가능한 나노구조체이다.

<32> 알곤(Ar)의 유량 30 cc/min, 반응온도 900 ~ 950  $^{\circ}\text{C}$ , 알곤(Ar)에 대한 산소( $\text{O}_2$ ) 배합비 1 ~ 8 부피%의 범위로 유입하는 조건에서는 나노로드(nanorod) 구조가 합성되었으며, 합성된 나노로드에 대한 전자현미경 사진은 도 4의 (4)에 나타내었다. 합성된 나노로드는 길이가 5 ~ 50  $\mu\text{m}$  정도, 직경은 200 ~ 500 nm 정도이다. 이와 같은 구조체는 상기 실험조건에서 재현성 있게 합성되었다. 이와 같은 구조체들은 레이저 어레이 등으로 활용이 가능한 나노구조체이다.

<33> 알곤(Ar)의 유량 30 cc/min, 반응온도 900 ~ 950  $^{\circ}\text{C}$ , 알곤(Ar)에 대한 산소( $\text{O}_2$ ) 배합비 8 ~ 20 부피%의 범위로 유입하는 조건에서는 나노플레이트(nanoplate) 구조가 합성되었으며, 합성된 나노플레이트에 대한 전자현미경 사진은 도 4의 (5)에 나타내었다. 합성된 나노플레이트는 폭이 5 ~ 50  $\mu\text{m}$ , 길이는 20 ~ 1000  $\mu\text{m}$  정도, 두께는 500 ~ 2000 nm 정도이다. 이와 같은 구조체는 상기 실험조건에서 재현성 있게 합성되었다. 이와 같은 구조체들은 화학 촉매 등으로 활용이 가능한 나노구조체이다.

<34> 본 발명에 따른 제조방법의 또 다른 구현예로서 커다란 크기를 갖는 나노쉬트 및 나노선 어레이를 다음과 같은 조건으로 제조하였다. 즉, 알곤(Ar)의 유량 30 cc/min, 반응온도 900 °C에서 30 분 동안 반응시키되, 다만 알곤(Ar)에 대한 산소(O<sub>2</sub>) 배합비를 10 부피%와 2 부피%로 변경하여 실시하였다. 그 결과, 산소 배합비를 10 부피%로 하여 반응한 경우, 약 70 μm의 폭과 두께는 100 nm 정도이며 길이가 500 μm인 나노쉬트가 합성되었으며, 합성된 나노쉬트의 전자현미경 사진은 도 5의 (a)에 나타내었다. 그리고, 산소 배합비를 2 부피%로 하여 반응한 경우, 약 30 ~ 50 μm의 폭과 두께는 100 nm 정도이며 길이가 100 ~ 200 μm 정도인 나노선 어레이가 합성되었으며, 합성된 나노선 어레이의 전자현미경 사진은 도 5의 (b)에 나타내었다.

#### 【발명의 효과】

<35> 이상에서 설명한 바와 같이, 본 발명에서 얻어진 나노구조체는 기존에 알려진 나노구조체와는 달리 두께 방향으로 수 십에서 수 백 nm의 두께를 가지면서도 폭과 길이는 수 십 μm 이상의 거대한 구조를 갖는 것이 특징이다. 따라서 이러한 나노구조체는 나노전자소자 및 나노광전자소자를 구현함에 있어서 전자빔 리소그래피(e-beam lithography) 등의 어려운 과정 없이도 광학현미경 및 단순한 조립공정에 의해 나노전자소자의 구성이 가능한 특징과 장점이 있다.

**【특허청구범위】****【청구항 1】**

알곤(Ar)에 대하여 산소( $O_2$ )가 1 ~ 20 부피% 범위로 포함된 혼합기체가 존재하고 반응온도가 800 ~ 950 °C 범위내로 조절된 조건하에서, 산화아연 분말과 그라파이트를 환원반응하여 아연가스를 생성시키고, 생성된 아연가스를 실리콘 기판상에 증착 및 성장시켜 제조하는 것을 특징으로 하는 산화아연(ZnO) 나노구조체의 제조방법.

**【청구항 2】**

제 1 항에 있어서, 상기 알곤(Ar)은 20 ~ 50 cc/min의 유량으로 유입되는 것을 특징으로 하는 산화아연(ZnO) 나노구조체의 제조방법.

**【청구항 3】**

제 1 항에 있어서, 상기 기판은 금이 10 ~ 30 Å 두께로 증착된 실리콘 기판인 것을 특징으로 하는 산화아연(ZnO) 나노구조체의 제조방법.

**【청구항 4】**

제 1 항에 있어서, 상기 반응온도가 800 ~ 850 °C이고, 알곤(Ar)의 유량은 20 ~ 50 cc/min 이며, 알곤(Ar)에 대해 산소( $O_2$ )를 1 ~ 20 부피% 범위로 유

입하는 조건에서 나노선(nanowire)을 제조하는 것을 특징으로 하는 산화아연 (ZnO) 나노구조체의 제조방법.

【청구항 5】

제 4 항에 있어서, 상기 나노선(nanowire)은 직경이 50 ~ 200 nm이고, 길이는 5 ~ 100  $\mu\text{m}$ 인 것을 특징으로 하는 산화아연(ZnO) 나노구조체의 제조방법.

【청구항 6】

제 1 항에 있어서, 상기 반응온도가 850 ~ 900  $^{\circ}\text{C}$ 이고, 알곤(Ar)의 유량은 20 ~ 50 cc/min 이며, 알곤(Ar)에 대해 산소( $\text{O}_2$ )를 1 ~ 2 부피% 범위로 유입하는 조건에서 나노선 어레이(nanowire array)를 제조하는 것을 특징으로 하는 산화아연(ZnO) 나노구조체의 제조방법.

【청구항 7】

제 6 항에 있어서, 상기 나노선 어레이(nanowire array)는 폭이 10 ~ 50  $\mu\text{m}$ 이고, 길이는 50 ~ 1000  $\mu\text{m}$ 이며, 나노선 어레이(빔살)의 직경은 50 ~ 300 nm 인 것을 특징으로 하는 산화아연(ZnO) 나노구조체의 제조방법.

**【청구항 8】**

제 1 항에 있어서, 상기 반응온도가 850 ~ 900 °C이고, 알곤(Ar)의 유량은 20 ~ 50 cc/min 이며, 알곤(Ar)에 대해 산소(O<sub>2</sub>)를 2 ~ 20 부피% 범위로 유입하는 조건에서 나노시트(nanosheet)를 제조하는 것을 특징으로 하는 산화아연(ZnO) 나노구조체의 제조방법.

**【청구항 9】**

제 8 항에 있어서, 상기 나노시트(nanosheet)는 폭이 10 ~ 100 μm이고, 길이가 500 ~ 2000 μm 이며, 두께는 50 ~ 150 nm인 것을 특징으로 하는 산화아연(ZnO) 나노구조체의 제조방법.

**【청구항 10】**

제 1 항에 있어서, 상기 반응온도가 900 ~ 950 °C이고, 알곤(Ar)의 유량은 20 ~ 50 cc/min 이며, 알곤(Ar)에 대해 산소(O<sub>2</sub>)를 1 ~ 8 부피% 범위로 유입하는 조건에서 나노로드(nanorod)를 제조하는 것을 특징으로 하는 산화아연(ZnO) 나노구조체의 제조방법.

**【청구항 11】**

제 1 항에 있어서, 상기 반응온도가 900 ~ 950 °C이고, 알곤(Ar)의 유량은 20 ~ 50 cc/min 이며, 알곤(Ar)에 대해 산소(O<sub>2</sub>)를 8 ~ 20 부피% 범위로 유

입하는 조건에서 나노플레이트(nanoplate)를 제조하는 것을 특징으로 하는 산화아연(ZnO) 나노구조체의 제조방법.

【청구항 12】

기판 및 원료분말의 가열을 위하여 반응관의 내부 온도를 800 ~ 950 °C로 유지하도록 하는 발열체(10)와,

캐리어 가스의 주입 및 배출을 위한 가스 주입구(21) 및 가스 배출구(22)가 양단에 있고 상기 발열체(10)의 내부를 수평으로 관통하면서 그 내측에 위치되며 원료분말과 기판의 배치를 위한 반응관(20)과,

상기 반응관(20)의 내측에 위치되며 원료분말과 기판을 수용하는 반응체(30)를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 산화아연(ZnO) 나노구조체의 제조장치.

【청구항 13】

제 12 항에 있어서, 상기 반응체(30)는 상부가 개방되어 있으며 일정한 양의 원료분말을 채울 수 있는 길다란 사각케이스 형태의 보트(31)와, 상기 보트(31) 내에 채워지는 원료분말(32)과, 상기 보트(31)의 상부에서 폭 방향으로 걸쳐지면서 길이방향으로 일정간격을 유지하며 배치되는 다수의 기판(33)을 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 산화아연(ZnO) 나노구조체의 제조장치.

**【청구항 14】**

제 12 항에 있어서, 상기 기판(33)은 원료분말로부터 3 ~ 10 mm 수직방향으로 이격되도록 위치되는 것을 특징으로 하는 산화아연(ZnO) 나노구조체의 제조장치.

**【청구항 15】**

제 12 항 또는 제 14 항에 있어서, 상기 기판(33)은 실리콘 기판 위에 10~30Å 두께의 금을 증착한 기판인 것을 특징으로 하는 원료분말과 반응가스의 합성장치.

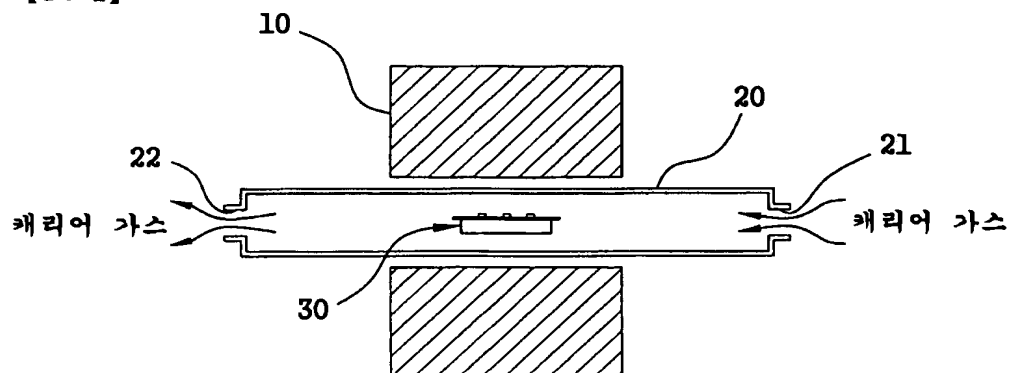
**【청구항 16】**

제 12 항에 있어서, 상기 기판(33)과 원료분말(32)을 포함하는 반응체(30) 전체는 반응관(20)의 중앙에서 가스 배출구(22)쪽으로 0 ~ 50 mm 사이에 위치되는 것을 특징으로 하는 산화아연(ZnO) 나노구조체의 제조장치.

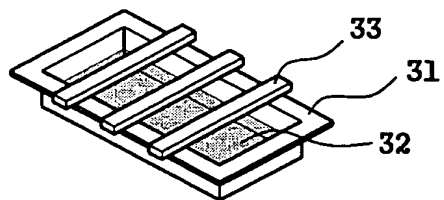


【도면】

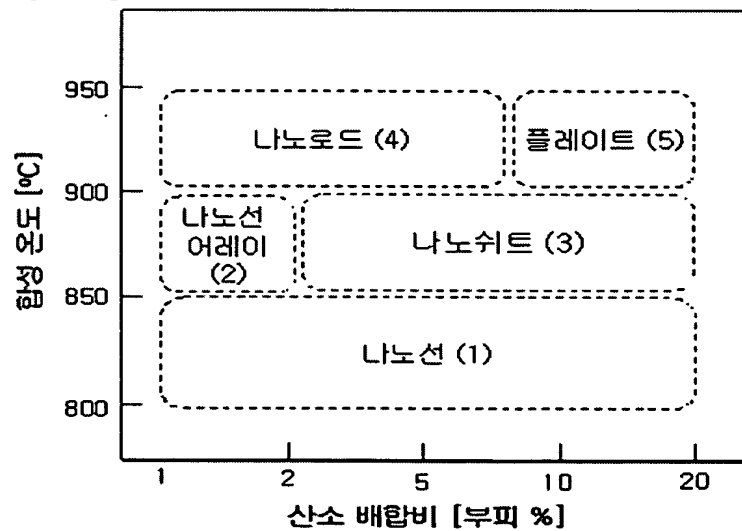
【도 1】



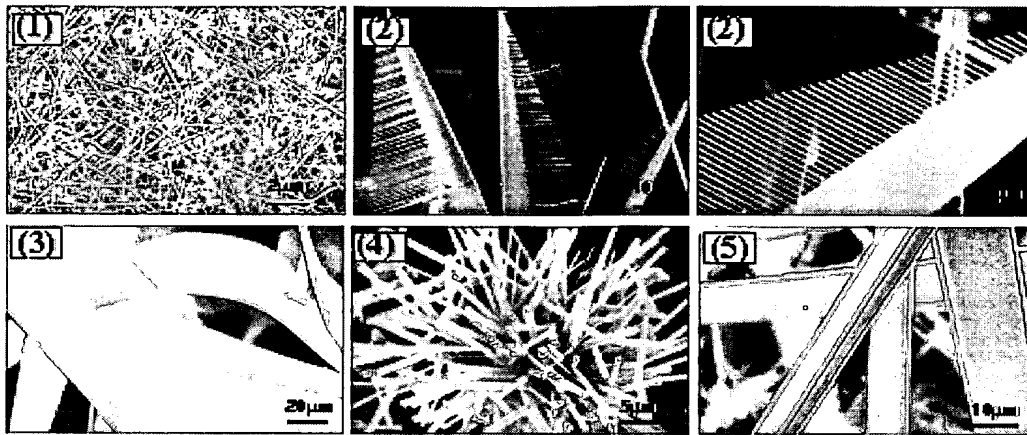
【도 2】



【도 3】

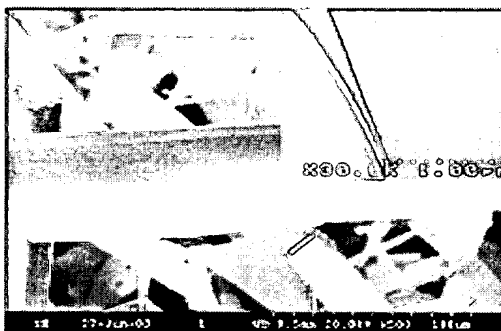


【도 4】



【도 5】

(a)



(b)

